



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 148 042 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.10.2001 Patentblatt 2001/43

(51) Int Cl.⁷: **C07C 51/08, C07C 51/43,
C07C 59/56**

(21) Anmeldenummer: 01106810.3

(22) Anmeldetag: 19.03.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 17.04.2000 AT 6702000

(71) Anmelder: **DSM Fine Chemicals Austria Nfg
GmbH & Co KG
4021 Linz (AT)**

(72) Erfinder:
• **Pöchlauer, Peter
4040 Linz (AT)**
• **Mayrhofer, Herbert
4210 Engerwitzdorf (AT)**

(74) Vertreter: **Klostermann, Ingrid
DSM Fine Chemicals Austria Nfg GmbH & Co KG,
St. Peter-Strasse 25
4021 Linz (AT)**

(54) **Verfahren zur Herstellung von optisch und chemisch hochreinen (R)- oder (S)-Hydroxycarbonsäuren**

(57) Verfahren zur Herstellung von optisch hochreinen (R)- und (S)- α -Hydroxycarbonsäuren, bei welchem entweder durch saure Hydrolyse der durch enzymkatalysierten Addition eines Cyanidgruppendonors an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone erhaltenen (R)- und (S)-Cyanhydrine hergestellte, isolierte, verunreinigte (R)- und (S)- α -Hydroxycarbonsäuren in einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Anwesenheit eines Cosolvens, umkristallisiert werden und optisch hochreine (R)- und (S)- α -Hydroxycarbon-

säuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee erhalten werden oder die durch saure Hydrolyse der (R)- und (S)-Cyanhydrine erhaltene Hydrolyselösung direkt mit einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Kombination mit einem Cosolvens, versetzt wird, anschließend bei Hydrolysetemperatur extrahiert wird, worauf nach Abkühlen der organischen Phase die entsprechenden chemisch und optisch hochreinen (R)- und (S)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee auskristallisieren.

EP 1 148 042 A2

Beschreibung

[0001] Optisch aktive α -Hydroxycarbonsäuren finden beispielsweise als Zusatzstoffe zu Futtermitteln oder zur Gewinnung pharmazeutischer Wirkstoffe, Vitamine und Flüssigkristalle Verwendung.

Diese optisch aktiven α -Hydroxycarbonsäuren lassen sich weiters beispielsweise nach Effenberger et al., Angew. Chem. 95 (1983) Nr. 1, Seite 50, vorteilhaft in anderweitig nur sehr schwer herzustellende N-substituierte optisch aktiven α -Aminosäuren überführen.

Chirale α -Hydroxycarbonsäuren sind heutzutage chemisch, fermentativ oder enzymatisch zugänglich. Die säurekatalysierte Hydrolyse von Cyanhydrinen stellt dabei eine wichtige Herstellungsverfahren dar. So können beispielsweise racemische Cyanhydrine unter Zusatz geeigneter Mikroorganismen zu den gewünschten chiralen α -Hydroxycarbonsäuren hydrolysiert werden. Es ist auch bekannt, beispielsweise aus Angew. Chem. 1994, 106, Seite 1615f., dass optisch aktive Cyanhydrine, die beispielsweise leicht mittels enzymkatalysierter Synthese erhältlich sind, ohne Racemisierung zu den korrespondierenden chiralen α -Hydroxycarbonsäuren hydrolysiert werden können. Die optische Reinheit der so hergestellten chiralen α -Hydroxycarbonsäure entspricht dabei der optischen Reinheit des eingesetzten chiralen Cyanhydrins, auch wenn dieses in situ durch enzymkatalysierte Addition von einem Cyanidgruppendonator an einen entsprechenden Aldehyd oder ein Keton erhalten und ohne Isolierung bzw. Aufreinigung weiterverarbeitet wird. Die Aufarbeitung derart hergestellter α -Hydroxycarbonsäuren erfolgte bisher mittels Extraktion. Diese optische Reinheit kann jedoch für gewisse Anwendungsbereiche der α -Hydroxycarbonsäuren, beispielsweise bei Anwendung im Pharmabereich, zu gering sein, sodass die Notwendigkeit bestand bzw. es Aufgabe der Erfindung war, eine Möglichkeit zu finden, gleichzeitig die chemische und die optische Reinheit der α -Hydroxycarbonsäuren auf einfachem Weg, ohne großen Ausbeuteverlust, zu steigern.

Unerwarteterweise konnte diese Aufgabe durch einen Kristallisationsschritt in einem aromatischen Kohlenwasserstoff gelöst werden.

[0002] Gegenstand der Erfindung ist demnach ein Verfahren zur Herstellung von chemisch und optisch hochreinen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass verunreinigte (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, hergestellt durch saure Hydrolyse der durch enzymkatalysierten Addition eines Cyanidgruppendonators an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone erhaltenen (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrinen, in einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Anwesenheit eines Cosolvens, umkristallisiert werden und chemisch und optisch hochreine (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98% ee erhalten werden.

[0003] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden verunreinigte (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren in hochreine (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98% ee überführt.

[0004] Als Ausgangsverbindungen dienen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, die durch saure Hydrolyse der korrespondierenden (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrine erhalten werden, die wiederum durch enzymatische Addition eines Cyanidgruppendonators an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone hergestellt werden.

[0005] Die enzymatische Addition eines Cyanidgruppendonators an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone kann dabei analog dem Stand der Technik, beispielsweise analog EP 0 951 561, EP 0 927 766, EP 0 632 130, EP 0 547 655, EP 0 326 063 u.s.w., erfolgen.

[0006] Als Ausgangsverbindungen eignen sich die im Stand der Technik zitierten Aldehyde und Ketone.

Beispiele für geeignete Aldehyde sind dabei aliphatische, aromatische oder heteroaromatische Aldehyde. Unter aliphatischen Aldehyden sind dabei gesättigte oder ungesättigte aliphatische, geradkettige, verzweigte oder cyclische Aldehyde zu verstehen. Bevorzugte aliphatische Aldehyde sind geradkettige Aldehyde mit insbesondere 2 bis 18 C-Atomen, bevorzugt von 2 bis 12, die gesättigt oder ein- oder mehrfach ungesättigt sind. Der Aldehyd kann dabei sowohl C-C-Doppelbindungen als auch C-C-Dreifachbindungen aufweisen. Der Aldehyd kann unsubstituiert oder ein- oder mehrfach durch unter den Reaktionsbedingungen inerte Gruppen, beispielsweise durch gegebenenfalls substituierte Aryl- oder Heteroarylgruppen, wie Phenyl- oder Indolylgruppen, durch C₁-C₆-Alkyl, gegebenenfalls substituierte Cycloalkylgruppen, die ein oder mehrere Heteroatome aus der Gruppe O, S, P, oder N aufweisen können, Halogen-, Ether-, Alkohol-, Acyl-, Carbonsäure-, Carbonsäureester-, Nitro- oder Azidogruppen substituiert sein.

Beispiele für aromatische oder heteroaromatische Aldehyde sind Benzaldehyd bzw. verschieden substituierte Benzaldehyde wie etwa 2-Chlorbenzaldehyd, 3,4-Difluorbenzaldehyd, 3-Phenoxybenzaldehyd, 4-Fluor-3-phenoxybenzaldehyd, weiters Furfural, Anthracen-9-carbaldehyd, Furan-3-carbaldehyd, Indol-3-carbaldehyd, Naphthalin-1-carbaldehyd, Phthalaldehyd, Pyrazol-3-carbaldehyd, Pyrrol-2-carbaldehyd, Thiophen-2-carbaldehyd, Isophthalaldehyd oder Pyridinaldehyd u.s.w..

Beispiele für Ketone sind aliphatische, aromatische oder heteroaromatische Ketone, bei denen das Carbonylkohlenstoffatom ungleich substituiert ist. Unter aliphatischen Ketonen sind gesättigte oder ungesättigte, geradkettige, verzweigte oder cyclische Ketone zu verstehen. Die Ketone können gesättigt oder ein- oder mehrfach ungesättigt sein. Sie können unsubstituiert, oder ein- oder mehrfach durch unter Reaktionsbedingungen inerte Gruppen, beispielsweise durch gegebenenfalls substituierte Aryl- oder Heteroarylgruppen wie Phenyl- oder Indolylgruppen, durch Halogen-, Ether-, Alkohol-, Acyl-, Carbonsäure-, Carbonsäureester-, Nitro- oder Azidogruppen substituiert sein.

Beispiele für aromatische oder-heteroaromatische Ketone sind Acetophenon, Indolylaceton u.s.w..

[0007] Das entsprechende (*R*)- und (*S*)- Cyanhydrin wird sodann, beispielsweise nach Extraktion oder nach Abfiltrieren des Enzyms und Abdestillieren des Lösungsmittels, ohne weitere Reinigung analog dem Stand der Technik, beispielsweise wie in Angew. Chem. 1994, 106, S 1615 oder in Tetrahedron Letters, Vol. 31, No. 9, pp1249-1252, 1990 beschrieben, mit konzentrierter Salzsäure hydrolysiert.

[0008] Die so erhaltenen rohen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, die in etwa die gleiche optische Reinheit wie die korrespondierenden (*R*)- und (*S*)- Cyanhydrine aufweisen, werden sodann durch Extraktion aus dem Reaktionsgemisch isoliert und erfindungsgemäß in einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Anwesenheit eines Cosolvens, umkristallisiert.

Geeignete aromatische Kohlenwasserstoffe sind dabei Toluol, Xylole, Benzol, oder substituierte Benzole, wie etwa Ethylbenzol, Isopropylbenzol oder Chlorbenzole. Bevorzugt werden Toluol und Xylol eingesetzt.

Als Cosolvens eignen sich solche Lösungsmittel, die die Löslichkeit der Hydroxycarbonsäure in der organischen Phase erhöhen und die destillativ leicht abtrennbar sind. Beispiele dafür sind gegebenenfalls cyclische Ether, wie etwa Tetrahydrofuran, Methyl-tert. Butylether, Dimethoxyethan u.s.w. oder Ketone, wie etwa Methyl-iso-Butylketon u.s.w.

Die Menge an Cosolvens beträgt dabei etwa 5 bis 50 Vol%, bevorzugt 10 bis 30 Vol%, bezogen auf die Gesamtmenge an Lösungsmittel.

Die zu reinigende α -Hydroxycarbonsäure wird in dem entsprechenden Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemisch unter Erwärmen gelöst, worauf nach Trennung der Phasen, von der organischen Phase zur Entfernung des Wassers bevorzugt ein Teil des Lösungsmittels bzw. des Lösungsmittelgemisches abdestilliert wird und anschließend langsam auf 15-50°C abgekühlt wird. Nach einer Stehzeit von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden (5 Minuten bis 20 Stunden, längere Stehzeiten sind nötigenfalls auch möglich) wird das auskristallisierte Produkt abfiltriert, das Kristallisat mit dem gleichen Lösungsmittel bevorzugt 1 bis 5 mal nachgewaschen und getrocknet.

Dabei werden hochreine (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98% ee erhalten. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es dabei, über 90% der Verunreinigungen in einem Arbeitsschritt abzutrennen.

[0009] Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren für aromatische (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren der Formel $\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$ eingesetzt. In der Formel $\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n\text{CH-R-CO}_2\text{H}$ bedeuten n 0, oder eine ganze Zahl von 1 bis 5 und Ar einen unsubstituierten oder ein oder mehrfach substituierten Aryl- oder Heteroarylrest, wie etwa Phenyl, Benzyl, Naphthyl, Pyridyl, Furyl u.s.w., wobei als Substituenten beispielsweise OH, C₁-C₄-Alkyl oder -Alkoxy, Thioalkyl, Halogen, gegebenenfalls substituiertes Phenyl oder Phenoxy, Amino oder Nitro in Frage kommen.

Besonders bevorzugt ist n = 0, 1 oder 2 und Ar ein Arylrest, insbesondere Phenyl, der unsubstituiert oder bevorzugt durch C₁-C₄-Alkyl oder -Alkoxy, OH, Cl, Br, Phenyl, Phenoxy, Fluorphenoxy substituiert sein kann.

In einer ganz bevorzugten Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Reinigung von (*R*)-2-Chlormandelsäure angewandt.

Dabei wird zuerst optisch aktives (*R*)-2-Chlormandelonitril durch enzymkatalysierte Anlagerung von Blausäure an 2-Chlorbenzaldehyd mittels R-Oxynitrilase hergestellt, das Cyanhydrin durch Extraktion aus dem Reaktionsgemisch isoliert und Lösungsmittel abdestilliert. Das Cyanhydrin weist dabei einen Enantiomerenüberschuss von etwa 89-92% ee (ca. 95% R und ca. 5% S) auf.

Ohne weitere Aufreinigung wird das Cyanhydrin in konzentrierter Salzsäure bei üblichen Bedingungen, wie etwa 60°C und einer Dauer von 24 Stunden, hydrolysiert und anschließend die entsprechende Hydroxycarbonsäure extrahiert. Bei der Hydrolyse kommt es, wie aus dem Stand der Technik bekannt, zu keiner Racemisierung, sodass das Rohprodukt ebenfalls eine optische Reinheit von etwa 89-92% ee (ca. 95% R und ca. 5% S) aufweist. Durch das erfindungsgemäße Kristallisieren in einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Anwesenheit eines Cosolvens, wird neben der chemischen Reinheit auch die optische Reinheit in äußerst einfacher und wirtschaftlicher Weise verbessert und es wird optisch hochreine (*R*)-2-Chlormandelsäure mit einer optischen Reinheit von über 98% ee mit über 99% R-Form und weniger als 1 % S-Form erhalten.

[0010] Weiters ist es möglich den erfindungsgemäßen Kristallisationsschritt direkt an den Hydrolyseschritt zu koppeln, sodass das bisher übliche Extrahieren mit im Stand der Technik als Extraktionsmitteln verwendeten Ethern, wie Methyl-tert. Butylether oder Diethylether, der α -Hydroxycarbonsäuren aus dem Reaktionsgemisch entfällt.

Erfindungsgemäß wird dabei der nach der gemäß dem Stand der Technik durchgeführten Hydrolyse des entsprechenden Cyanhydrins in wässrig saurer Lösung erhaltenen Hydrolyselösung bei Hydrolysetemperatur (30 bis 110°C) ein aromatischer Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Kombination mit einem Cosolvens, zugesetzt.

Geeignete aromatische Kohlenwasserstoffe sind dabei wiederum Toluol, Xylole, Benzol, oder substituierte Benzole, wie etwa Ethylbenzol, Isopropylbenzol oder Chlorbenzole. Bevorzugt werden Toluol und Xylol eingesetzt. Als Cosolvens eignen sich wiederum die bereits angeführten Lösungsmittel.

Nach 1 bis 5maligen, bevorzugt 1 bis 3maligen Extrahieren mit dem entsprechenden aromatischen Kohlenwasserstoff bzw. Lösungsmittelgemisch werden die wässrigen Phasen verworfen, worauf von den vereinigten organischen Phasen zur Entfernung des Wassers bevorzugt ein Teil des Lösungsmittels bzw. des Lösungsmittelgemisches abdestilliert und

anschließend die verbleibende organische Phase abgekühlt wird, wodurch eine chemisch und optisch hochreine α -Hydroxycarbonsäure auskristallisiert, die eine optische Reinheit von über 98%ee aufweist. Das Kristallisat wird sodann abfiltriert, gegebenenfalls nachgewaschen und von Resten an Lösungsmittel befreit, sowie getrocknet.

[0011] Die erfindungsgemäße direkt an den Hydrolyseschritt angekoppelte Kristallisation, durch die ein zusätzlicher Isolierungsschritt entfällt, eignet sich ebenfalls für alle (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrine, die durch enzymatische Addition eines Cyanidgruppendonors an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone hergestellt werden.

[0012] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist demnach ein Verfahren zur Herstellung von chemisch und optisch hochreinen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die durch saure Hydrolyse der durch enzymkatalysierte Addition eines Cyanidgruppendonors an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone hergestellten (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrine erhaltene Hydrolyselösung direkt mit einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Kombination mit einem Cosolvens, versetzt wird, anschließend bei Hydrolysetemperatur extrahiert wird, worauf nach Abkühlen der organischen Phase die entsprechenden chemisch und optisch hochreinen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee auskristallisieren.

[0013] Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren wiederum für aromatische (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren der Formel $\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$ eingesetzt. In der Formel $\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n\text{CH}-\text{R}-\text{CO}_2\text{H}$ bedeuten n 0, oder eine ganze Zahl von 1 bis 5 und Ar einen unsubstituierten oder ein oder mehrfach substituierten Aryl- oder Heteroarylrest, wie etwa Phenyl, Benzyl, Naphthyl, Pyridyl, Furyl u.s.w., wobei als Substituenten beispielsweise OH, C_1 - C_4 -Alkyl oder -Alkoxy, Thioalkyl, Halogen, gegebenenfalls substituiertes Phenyl oder Phenoxy, Amino oder Nitro in Frage kommen.

[0014] Besonders bevorzugt ist $n = 0, 1$ oder 2 und Ar ein Arylrest, insbesondere Phenyl, der unsubstituiert oder bevorzugt durch C_1 - C_4 -Alkyl oder -Alkoxy, OH, Cl, Br, Phenyl, Phenoxy, Fluorphenoxy substituiert sein kann.

In einer ganz bevorzugten Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung von chemisch und optisch hochreinen (*R*)-2-Chlormandelsäure angewandt.

Dabei wird zuerst optisch aktives (*R*)-2-Chlormandelonitril durch enzymkatalysierte Anlagerung von Blausäure an 2-Chlorbenzaldehyd mittels R-Oxynitrilase hergestellt, das Cyanhydrin durch Extraktion aus dem Reaktionsgemisch isoliert und Lösungsmittel abdestilliert. Das Cyanhydrin weist dabei einen Enantiomerenüberschuss von etwa 89-92%ee (ca. 95% R und ca. 5% S) auf.

Ohne weitere Aufreinigung wird das Cyanhydrin in konzentrierter Salzsäure bei üblichen Bedingungen, wie etwa 60°C und einer Dauer von 24 Stunden, hydrolysiert und anschließend die so erhaltene Hydrolyselösung direkt mit einem aromatischen Kohlenwasserstoff, anstelle der bisher üblichen Ether, gegebenenfalls in Kombination mit einem Cosolvens, versetzt und 1 bis 5 Mal extrahiert. Die wässrigen Phasen werden verworfen; aus den vereinigten organischen Phasen kristallisiert durch Abkühlen derselben die chemisch und optisch hochreine (*R*)-2-Chlormandelsäure aus. Durch die erfindungsgemäße Koppelung der Kristallisation an die Hydrolyse wird neben der chemischen Reinheit auch die optische Reinheit in äußerst einfacher und wirtschaftlicher Weise verbessert und es wird chemisch und optisch hochreine (*R*)-2-Chlormandelsäure mit einer optischen Reinheit von über 98% ee mit über 99% R-Form und weniger als 1 % S-Form erhalten.

[0015] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind demnach optisch und chemisch hochreine (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee, die durch eines der erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden.

Beispiel 1:

[0016] 453,5 g R-2-Chlormandelonitril wurden in 925 ml Salzsäure konz. 24 Stunden lang bei 63 °C gerührt. Nach dem Abkühlen wurde mit 812 ml Wasser und 1255 ml tert.-Butylmethylether versetzt und heftig gerührt. Die Phasen wurden getrennt und die wässrige Phase anschließend nochmals mit 1255 ml tert.-Butylmethylether extrahiert. Die vereinten organischen Phasen wurden danach mit 185 ml Wasser extrahiert. Von der dunkelbraunen organischen Phase wurde das Lösungsmittel im Vakuum abdestilliert.

Die Auswaage betrug 497,3 g und die Enantiomerenreinheit des braunen Rohproduktes wurde mittels GC Analyse bestimmt (91,5 % ee = 95,7 % R und 4,3 % S).

Das Rohprodukt wurde durch Erwärmen auf 100 °C in 2780 ml Xylol gelöst. Anschließend wurde langsam auf 21 °C abgekühlt, wobei die Kristallisation bei 88 °C einsetzte. Nach einer Stehzeit von 16 Stunden wurde abfiltriert und das Kristallisat am Filter mit 200 ml Xylol gewaschen.

Anschließend wurde das Produkt noch einmal mit 880 ml und zweimal mit 550 ml Xylol gewaschen. Nach dem Trocknen wurden die Reste an Lösungsmittel bei 60 °C und 10 mbar entfernt.

[0017] Es wurden 405,9 g weiße, kristalline R-2-Chlormandelsäure mit 98,1 % ee (99,05 % R und 0,95 % S-Enantiomer) gewonnen.

[0018] Die Mutterlauge wurde einrotiert, wobei eine dunkelbraune zähe Masse als Rückstand verblieb. Die darin enthaltene 2-Chlormandelsäure hatte ein Enantiomerenverhältnis von 51,9 % R zu 48,1 % S.

Beispiel 2:

[0019] 16,2 g R-2-Chlormandelonitril wurden in 32 ml Salzsäure konz. 24 Stunden lang bei 63 °C gerührt. Es wurde auf 76°C erwärmt und mit 100 ml Xylol versetzt und heftig gerührt. Die Phasen wurden getrennt und die wäßrige Phase anschließend nochmals mit 50 ml Xylol extrahiert.

Von der dunkelbraunen organischen Phase, welche R-2-Chlormandelsäure mit 91,4 % ee enthielt, wurde ein Teil des Lösungsmittels zur Entfernung von Wasser im Vakuum abdestilliert. Anschließend wurde langsam auf 21 °C abgekühlt, wobei die Kristallisation einsetzte. Nach einer Stehzeit von 16 Stunden wurde abfiltriert und das Kristallisat am Filter mit 8 ml Xylol gewaschen.

Anschließend wurde das Produkt noch einmal mit 31 ml und zweimal mit 20 ml Xylol gewaschen. Nach dem Trockensaugen wurden die Reste an Lösungsmittel bei 60 °C und 10 mbar entfernt.

Es wurde hochreine R-2-Chlormandelsäure mit 99,2 % ee erhalten.

Beispiel 3:

[0020] 42,3 ml einer durch Hydrolyse erhaltenen Lösung von 16,2 g R-2-Chlormandelonitril in 32 ml Salzsäure konz. wurden auf 5 ml Portionen aufgeteilt, bei 80 °C mit 15 ml an in der Tabelle angegebenen Lösungsmitteln bzw. Lösungsmittelgemischen extrahiert und die angegebenen Gehalte an R-2-Chlormandelsäure, mit einer Enantiomerenreinheit von 91,4 % ee, in der org. Phase erhalten.

Extraktionsmittel	Mischungsverhältnis	Gehalt an Produkt in der organischen Phase
Xylol/Tetrahydrofuran	80/20	1,79g
Xylol/Methylisobutylketon	80/20	1,60 g
Xylol/Dimethoxyethan	80/20	1,42g
Xylol	-	0,63 g
Tdud	-	0,79 g

Anschließend wurde Wasser mit einem Teil der organischen Phase abdestilliert und durch Abkühlen der organischen Phase hochreine R-2-Chlormandelsäure mit einer Enantiomerenreinheit von über 98 % ee erhalten. Zum Teil wurden Enantiomerenreinheiten von über 99% ee erhalten; so ergab die Verwendung von Xylol eine Enantiomerenreinheit von 99,2% ee und die Verwendung von Xylol/Tetrahydrofuran eine Enantiomerenreinheit von 99,9% ee.

Beispiel 4:

[0021] 13,1 g R-2-Chlormandelonitril (Enantiomerenreinheit: 91,2 % ee) wurden in 30 ml Salzsäure konz. 24 Stunden lang bei 63 °C gerührt. Es wurde auf 80°C erwärmt und mit 100 ml einer Mischung von Xylol und Tetrahydrofuran 80 : 20 heftig gerührt. Die Phasen wurden getrennt und die wässrige Phase anschließend nochmals mit 50 ml Lösungsmittelgemisch extrahiert. Von der dunkelbraunen organischen Phase wurde ein Teil des Lösungsmittelgemisches zur Entfernung von Wasser im Vakuum abdestilliert. Im Destillationssumpf verblieben ca. 80 ml Xylol. Der Destillationssumpf wurde heiß filtriert und anschließend langsam auf Raumtemperatur abgekühlt, wobei die Hydroxycarbonsäure kristallisierte. Nach einer Stehzeit von 16 Stunden wurde abfiltriert und das Kristallisat einmal mit 25 ml Xylol und zweimal mit 16 ml Xylol gewaschen. Nach dem Trockensaugen wurden die Reste an Lösungsmittel bei 60 °C und 10 mbar entfernt.

Es wurden 8,4 g hochreine R-2-Chlormandelsäure mit 99,9 % ee erhalten.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von optisch und chemisch hochreinen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, dadurch gekennzeichnet, dass verunreinigte (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, hergestellt durch saure Hydrolyse der durch enzymkatalysierten Addition eines Cyanidgruppendonors an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone erhaltenen (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrinen, in einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Anwesenheit eines Cosolvens, umkristallisiert werden und optisch und chemisch hochreine (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee erhalten werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verunreinigten (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren durch saure Hydrolyse der durch enzymkatalysierte Addition eines Cyanidgruppendonors an die entsprechenden gegebenenfalls substituierten aliphatischen, aromatischen oder heteroaromatischen Aldehyde oder Ketone erhaltenen (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrinen hergestellt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** verunreinigte, aromatische (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren der Formel $\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$, in der n 0 oder eine ganze Zahl von 1 bis 5 bedeutet und Ar ein unsubstituierter oder durch OH, C_1 - C_4 -Alkyl oder -Alkoxy, Thioalkyl, Halogen, gegebenenfalls substituiertes Phenyl oder Phenoxy, Amino oder Nitro ein oder mehrfach substituierter Aryl- oder Heteroarylrest sein kann, eingesetzt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** (*R*)-2-Chlormandelsäure eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zu reinigende α -Hydroxycarbonsäure in dem entsprechenden Lösungsmittel unter Erwärmen gelöst wird, anschließend langsam auf 15-50°C abgekühlt wird und nach einer Stehzeit von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden das auskristallisierte Produkt abfiltriert, das Kristallisat mit dem gleichen Lösungsmittel nachgewaschen und getrocknet wird.
6. Verfahren zur Herstellung von chemisch und optisch hochreinen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch saure Hydrolyse der durch enzymkatalysierte Addition eines Cyanidgruppendonors an die entsprechenden Aldehyde oder Ketone hergestellten (*R*)- und (*S*)-Cyanhydrine erhaltene Hydrolyselösung direkt mit einem aromatischen Kohlenwasserstoff, gegebenenfalls in Kombination mit einem Cosolvens, versetzt wird, anschließend bei Hydrolysetemperatur extrahiert wird, worauf nach Abkühlen der organischen Phase die entsprechenden chemisch und optisch hochreinen (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee auskristallisieren.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** chemisch und optisch hochreine aromatische (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren der Formel $\text{Ar}-(\text{CH}_2)_n\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}$, in der n 0 oder eine ganze Zahl von 1 bis 5 bedeutet und Ar ein unsubstituierter oder durch OH, C_1 - C_4 -Alkyl oder -Alkoxy, Thioalkyl, Halogen, gegebenenfalls substituiertes Phenyl oder Phenoxy, Amino oder Nitro ein oder mehrfach substituierter Aryl- oder Heteroarylrest sein kann, hergestellt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Toluol, Xylol, Benzol, Ethylbenzol, Isopropylbenzol oder Chlorbenzol als aromatische Kohlenwasserstoffe eingesetzt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Cosolvens ein Lösungsmittel, das die Löslichkeit der Hydroxycarbonsäure in der organischen Phase erhöht und das destillativ leicht abtrennbar ist, in einer Menge von 5 bis 50 Vol% eingesetzt wird.
10. Optisch und chemisch hochreine (*R*)- und (*S*)- α -Hydroxycarbonsäuren mit einer optischen Reinheit von über 98%ee, hergestellt durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 6.